

## Plastyczne kształtowanie lotniczych stopów Al ( w tym Al.-Li ) oraz Ti

Politechnika Śląska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska, Politechnika Warszawska, Politechnika Częstochowska

### Wyniki badań

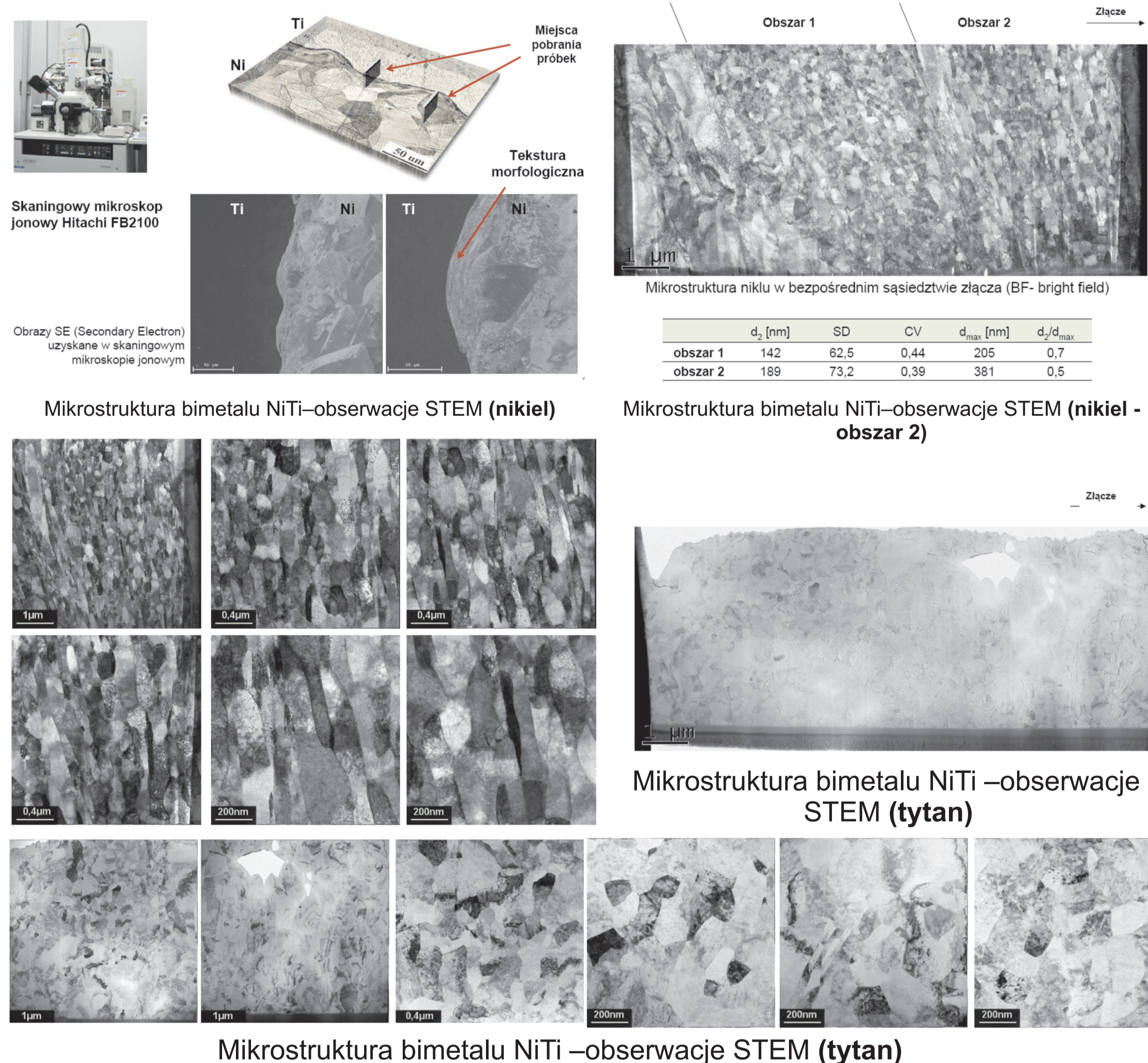
#### Kształtowanie plastyczne z dużymi szybkościami odkształcenia lotniczych stopów aluminium i tytanu

Wytwarzanie bimetalu NiTi z wykorzystaniem wysokoenergetycznego odkształcenia plastycznego

Wytwarzanie bimetalu NiTi z wykorzystaniem wysokoenergetycznego odkształcenia plastycznego

- Analiza morfologii, mikrostruktury, składu chemicznego i fazowego złącza bimetalicznego tytan -nikiel w stanie bezpośrednim połączeniu wybuchowym oraz procesach wyżarzania (500°C, 600°C/ 1h, 2h, 4h, 6h)
  - SEM Hitachi SU-70
  - STEM Hitachi HD2700
  - FIB Hitachi FB2100
- Badanie właściwości mechanicznych
  - Pomiary mikrotwardości złącza oraz tytanu i niklu w obszarze poza ich kontaktem
  - Badanie wytrzymałości na ścinanie na podstawie normy ASTM D 3165-00
  - Jednoosiowe rozciąganie

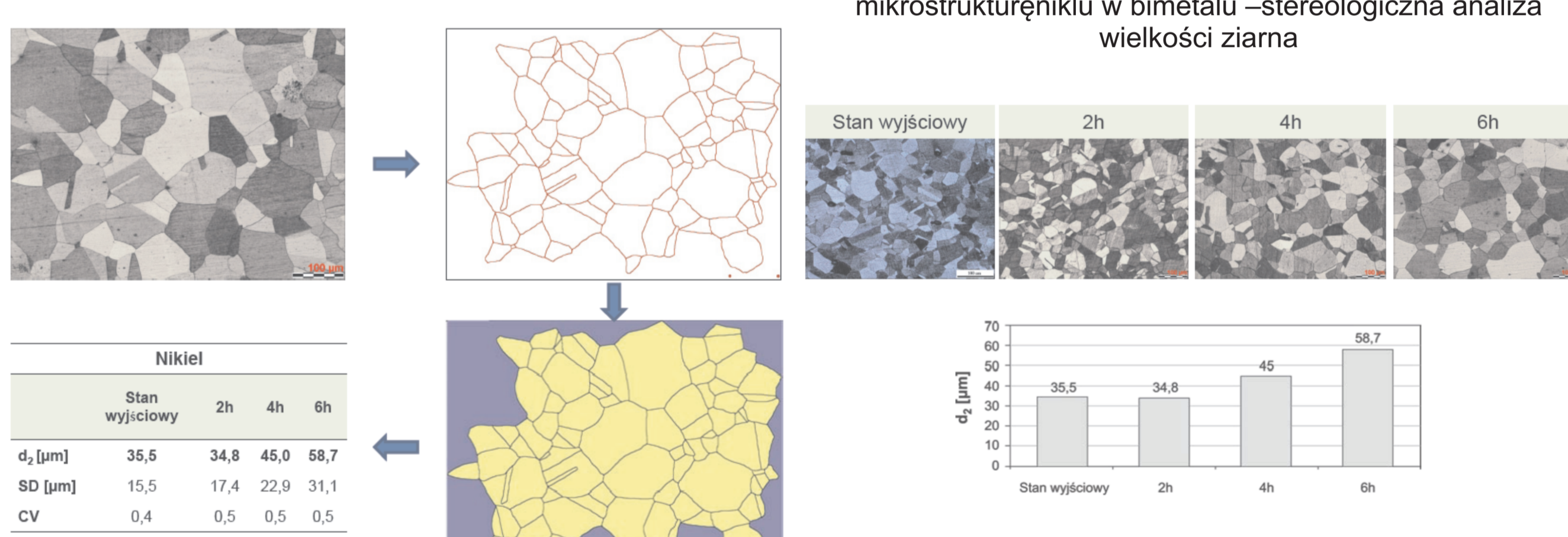
#### Mikrostruktura bimetalu Ni Ti –preparatyka próbek TEM



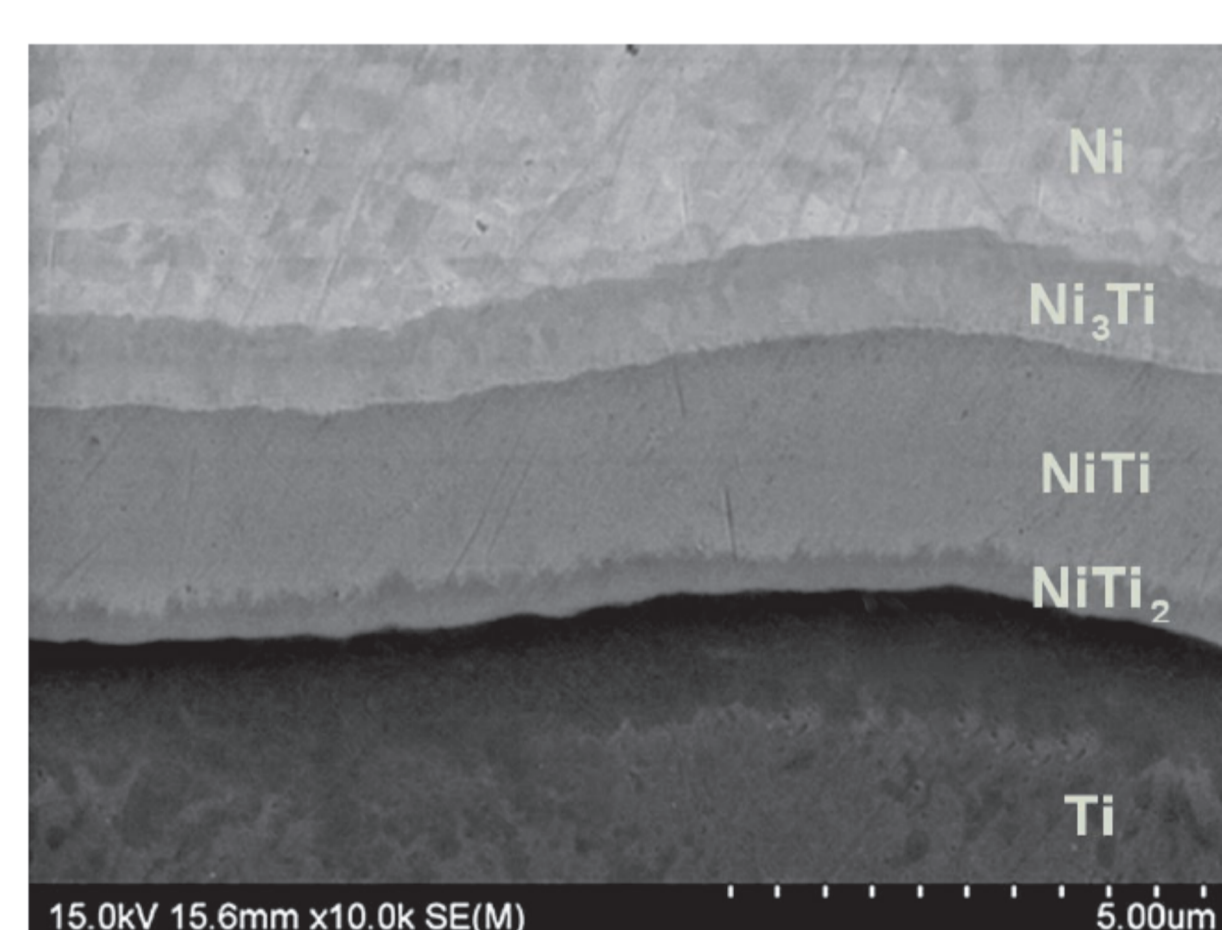
### Wnioski

- Proces wysokoenergetycznego odkształcenia spowodował powstanie ultradrobnostrojonej mikrostruktury w pobliżu złącza, zarówno w tytanie jak i w niklu.
- Szerokośćdrobnionego obszaru jest większa w przypadku tytanu.
- Wielkościami dla obu łączonych materiałów jest zbliżona i wynosi ok. 140-190 nm.
- Mikrostruktura tytanu charakteryzuje sięwiększąjednorodnością oraz mniejszym udziałem granic szerokokątowych.

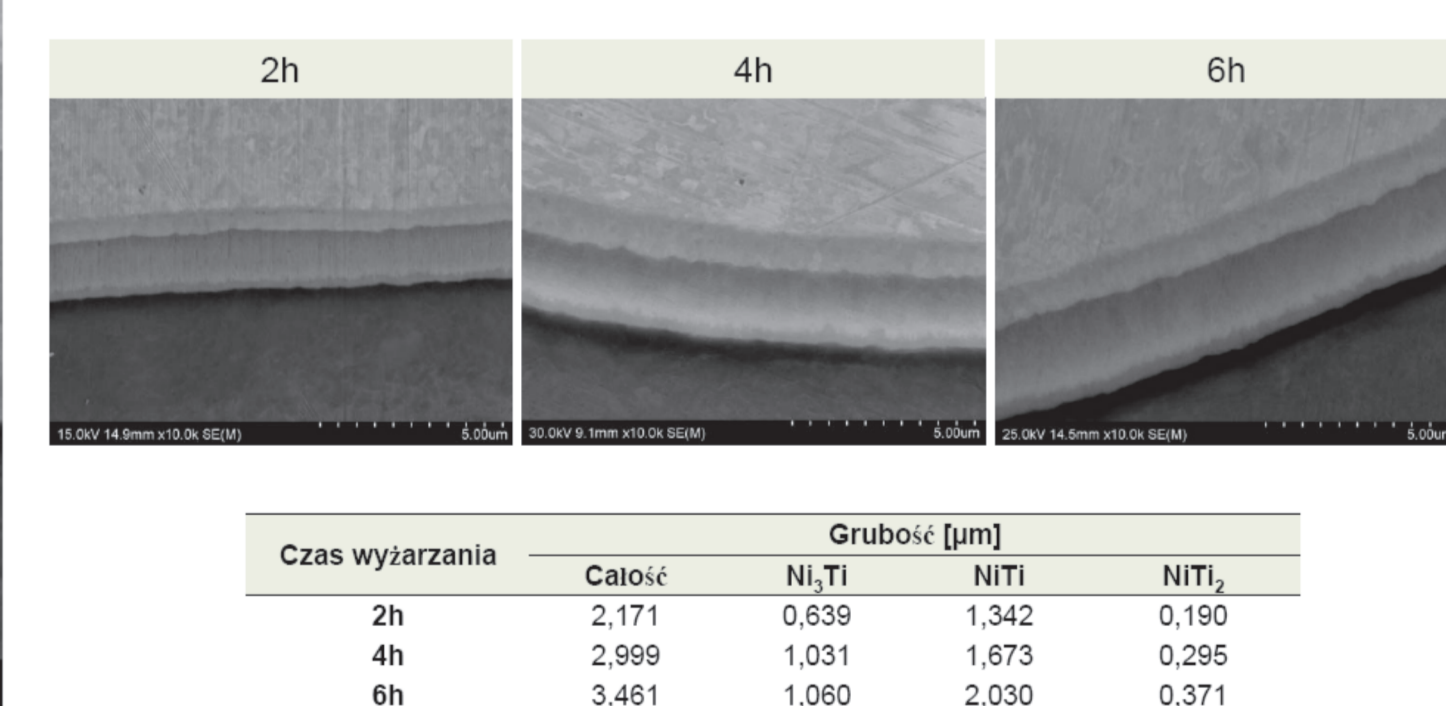
#### Badanie stabilności cieplnej bimetalu NiTi (500°C, 600°C / 2h, 4h, 6h)



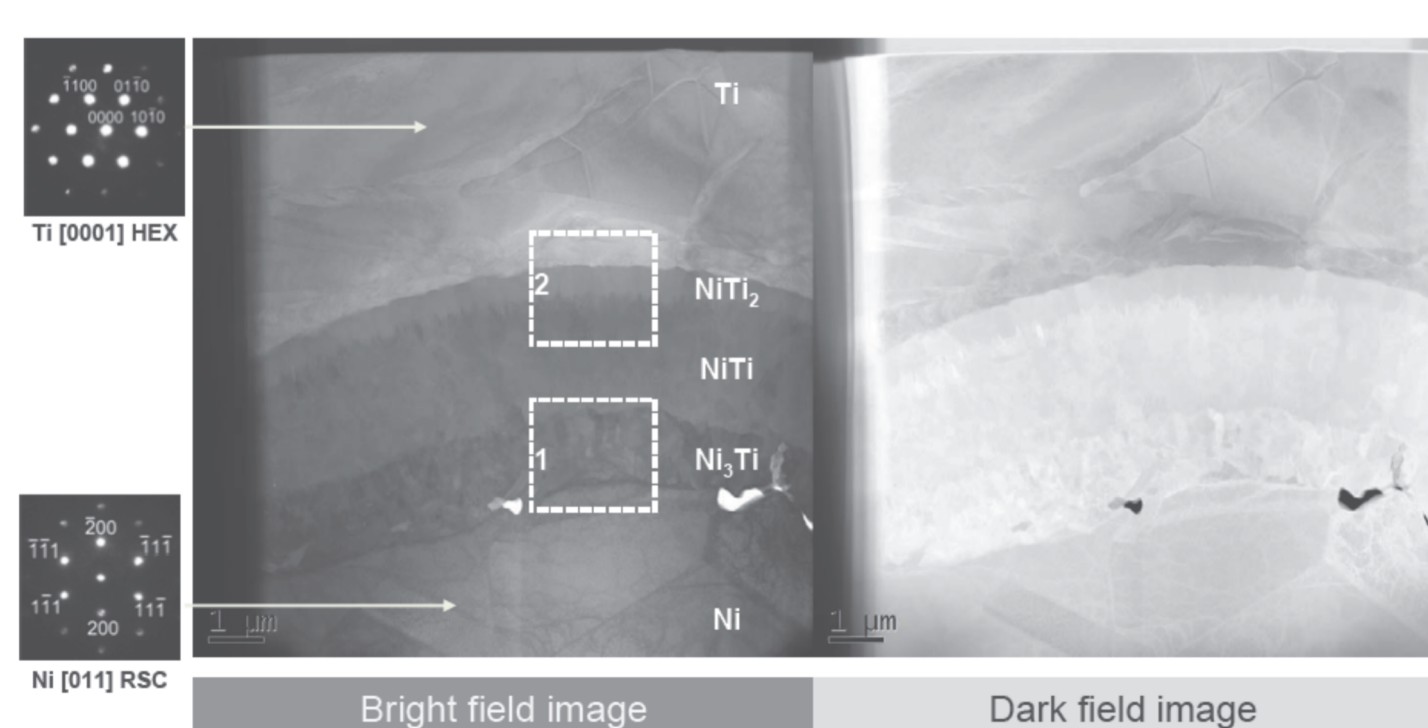
#### Analiza obszaru bimetalicznego złącza NiTi po procesie wyżarzania w temperaturze 600°C/1h w różnych czasach -SEM



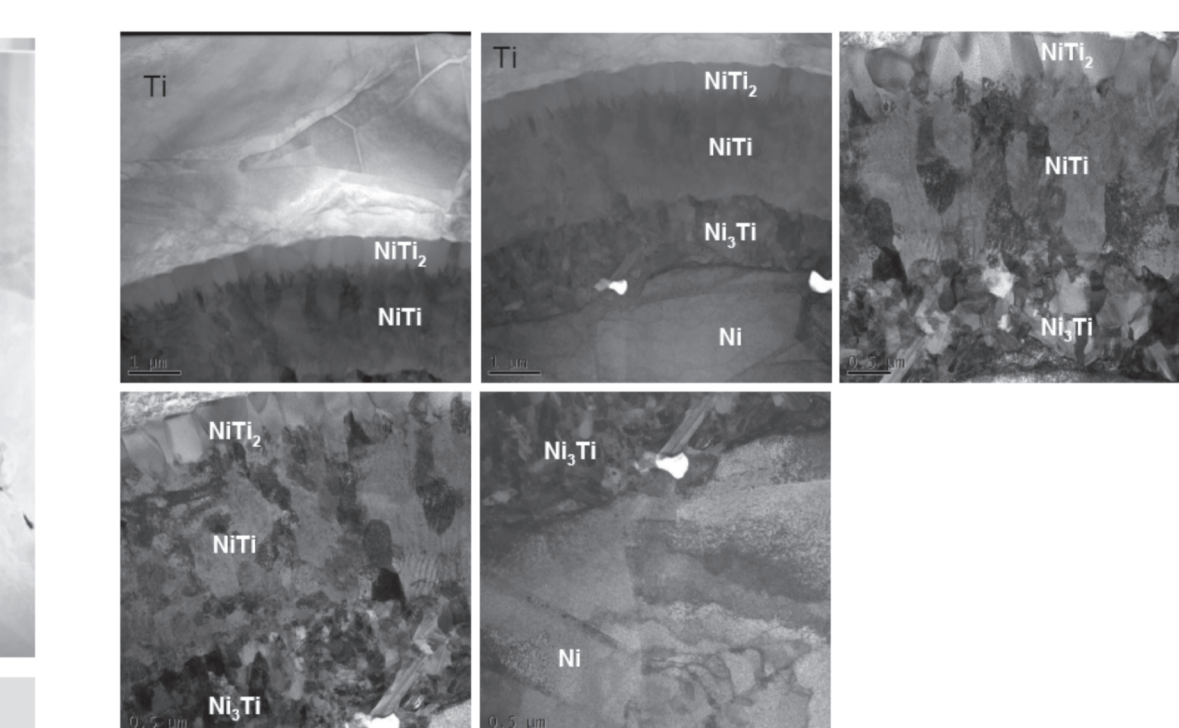
#### Wpływ czasu wyżarzania na grubośćposzczególnych warstw faz międzymetalicznych obecnych w złączu bimetalicznym Ni-Ti



#### Mikrostruktura bimetalu NiTi po wyżarzaniu w temperaturze 600°C/1h –obserwacje STEM



#### Mikrostruktura złącza bimetalu NiTi po wyżarzaniu w temperaturze 600°C/1h –obserwacje STEM



### Wnioski

- Złącze Ni –Ti jest stabilne (brak zmian mikrostruktury i właściwości) do temperatury 500°C
- Wyżarzanie złącza bimetalicznych w temperaturze 600°C przez 1 h doprowadziło do powstania w obszarze złącza 3 faz międzymetalicznych z układu Ti -Ni: NiTi<sub>2</sub>, NiTi, Ni<sub>3</sub>Ti. Powstałe fazy charakteryzowały sięśredniągrubością, jednorodnościąoraz mikrostrukturą.
- Ponadto w wyniku wyżarzania mikrostruktura niklu i tytanu uległa zmianie. Nie zaobserwowano obszarów o nanometrycznej wielkości ziarna.

#### Właściwości mechaniczne bimetalu NiTi

#### Łączone materiały:

- nikiel - materiał bazowy (podłoże)
- tytan Grade 1 - materiał nakładany (nastrzelwany)

Materiał	R <sub>0.2</sub> [MPa]	R <sub>m</sub> [MPa]	A [%]
Nikiel	170	390	48
Tytan	215	324	42

Produkt:plater Ti-Ni w postaci blachy o grubości 2 mm (1 mm + 1 mm) walcowany w celu wyprostowania blachy

#### Badane próbki:

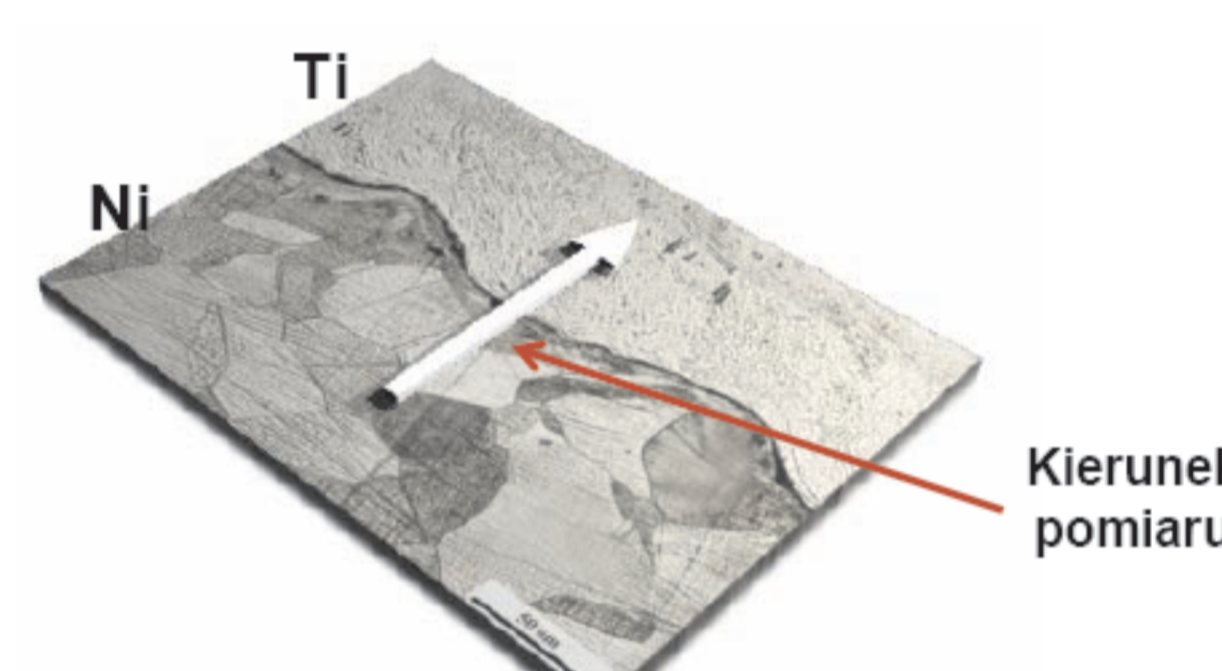
- złącze w stanie wyjściowym (Bez OC)
- wyżarzanie w 600°C w czasie 1h
- wyżarzanie w 600°C w czasie 2h
- wyżarzanie w 600°C w czasie 4h
- wyżarzanie w 600°C w czasie 6h
- wyżarzanie w 600°C w czasie 1h+ w 500°C w czasie 13h

#### Zakres badań właściwości mechanicznych złącza:

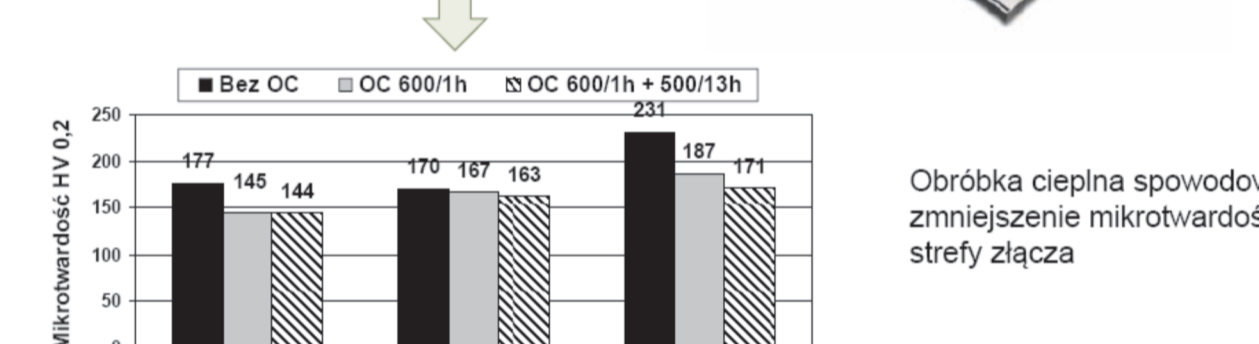
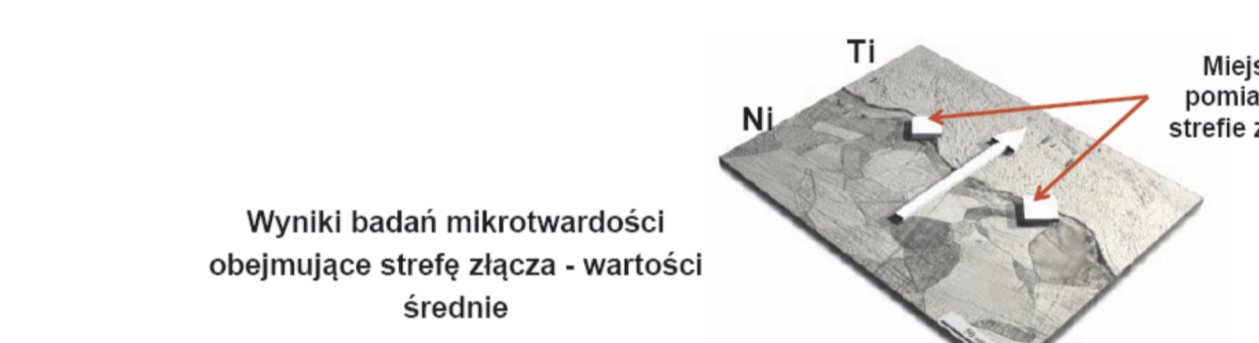
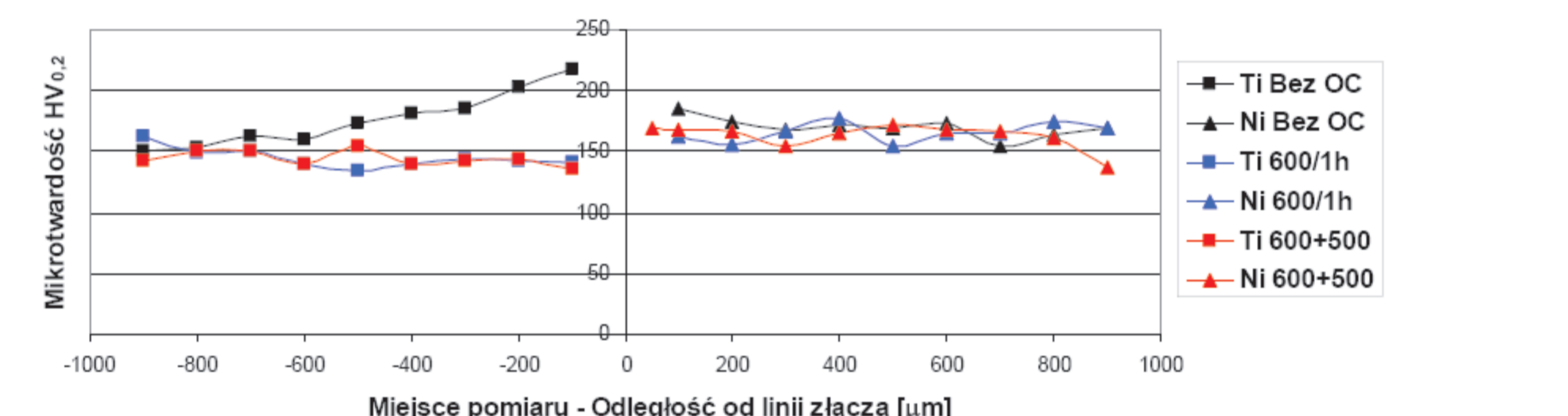
- pomiary mikrotwardości złącza oraz tytanu i niklu w obszarze poza ich kontaktem
- badanie wytrzymałości na ścinanie na podstawie normy ASTM D 3165-00
- jednoosiowe rozciąganie płaskich próbek bez nacięć

#### Wyniki pomiarów mikrotwardości tytanu oraz niklu poza obszarem kontaktu obu materiałów

W wyniku obróbki cieplnej 600°C/1h dla Ti zaobserwowano spadek twardości spowodowany rekryształizacją. Dłuższe wyżarzanie nie wywołało znaczących zmian twardości Ti. Obróbki nie wpłynęły w istotny sposób na twardośćN



Rys. Zasada przeprowadzenia pomiarów mikrotwardości



Wyniki badań mikrotwardości obejmujące strefę złącza - wartości średnie

Badanie wytrzymałości na ścinanie złącza

Badanie wytrzymałości na ścinanie złącza

Badanie wytrzymałości na ścinanie złącza

Badanie wytrzymałości na ścinanie złącza

Wyciskanie hydrostatyczne stopu aluminium o składzie zbliżonym do 8090

Postać materiału:pręt o średnicy Ø21 mm, z którego przygotowano wsad

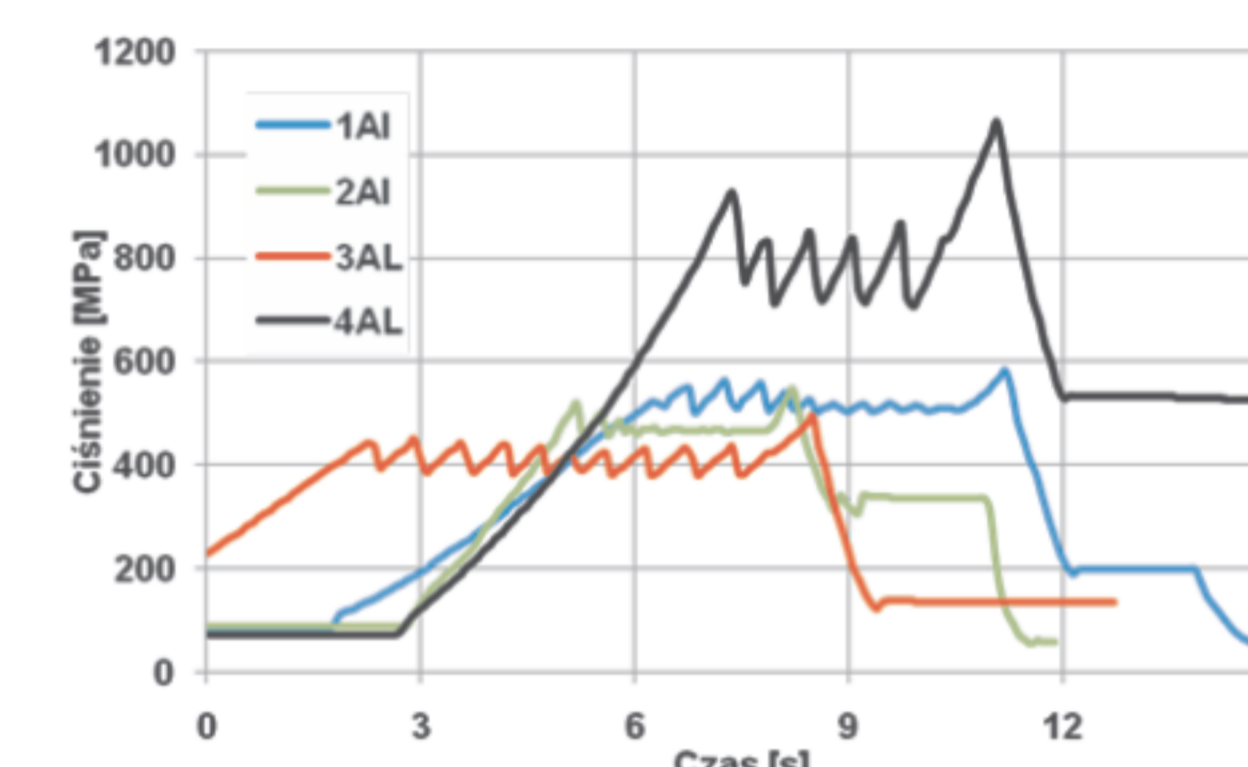
Wymiary wsadu:średnica -Ø21 mm, długość-10 mm

Skład chemiczny przemysłowego stopu aluminium o składzie zbliżonym do 8090

Wyniki pomiarów mikrotwardości HV<sub>0.05</sub> materiału przed wyciskaniem

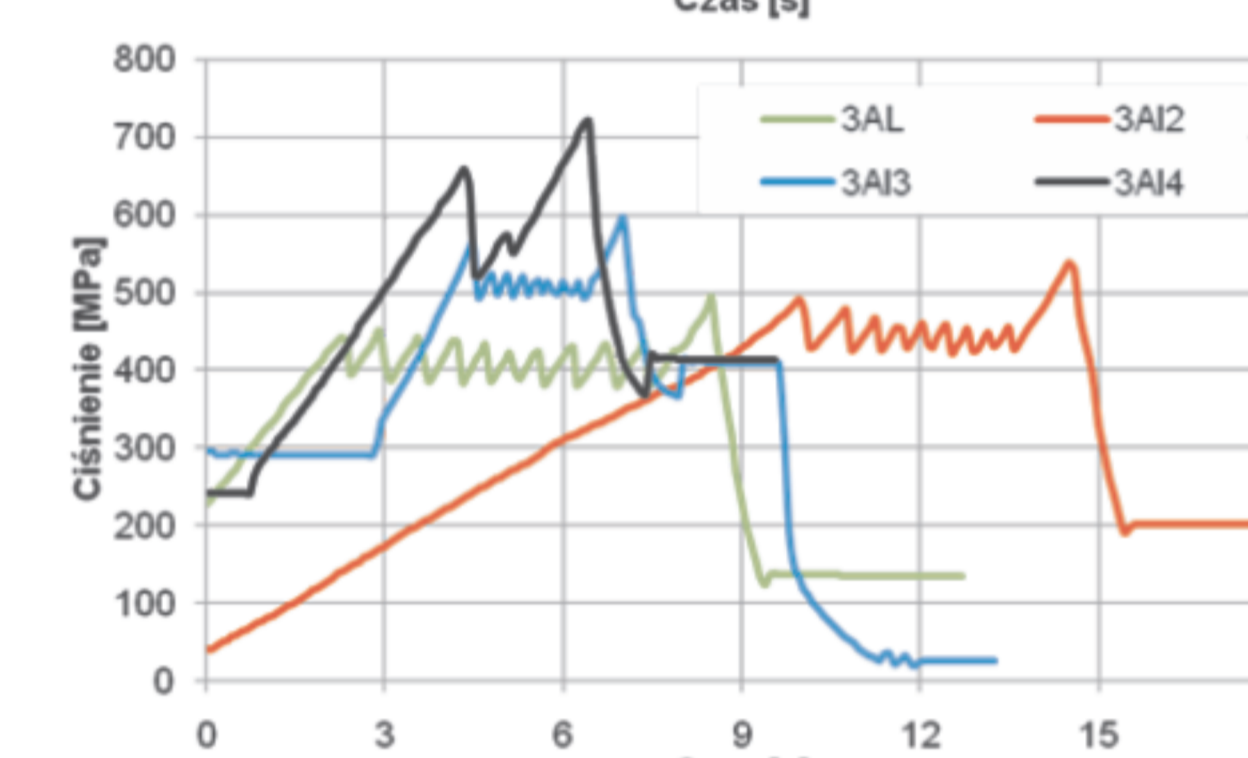
Srednia mikrotwardość na przekroju poprzecznym oraz wzdłużnym (HV<sub>0.05</sub>141). Materiał na obu przekrojach jest jednorodny.

Schemat oraz parametry wyciskania (ε – odkształcenie skumulowane)



Stan przed HE:  
1AI, 2AI – stan dostawy  
3AI, 4AI – przesycanie 530°C/30min

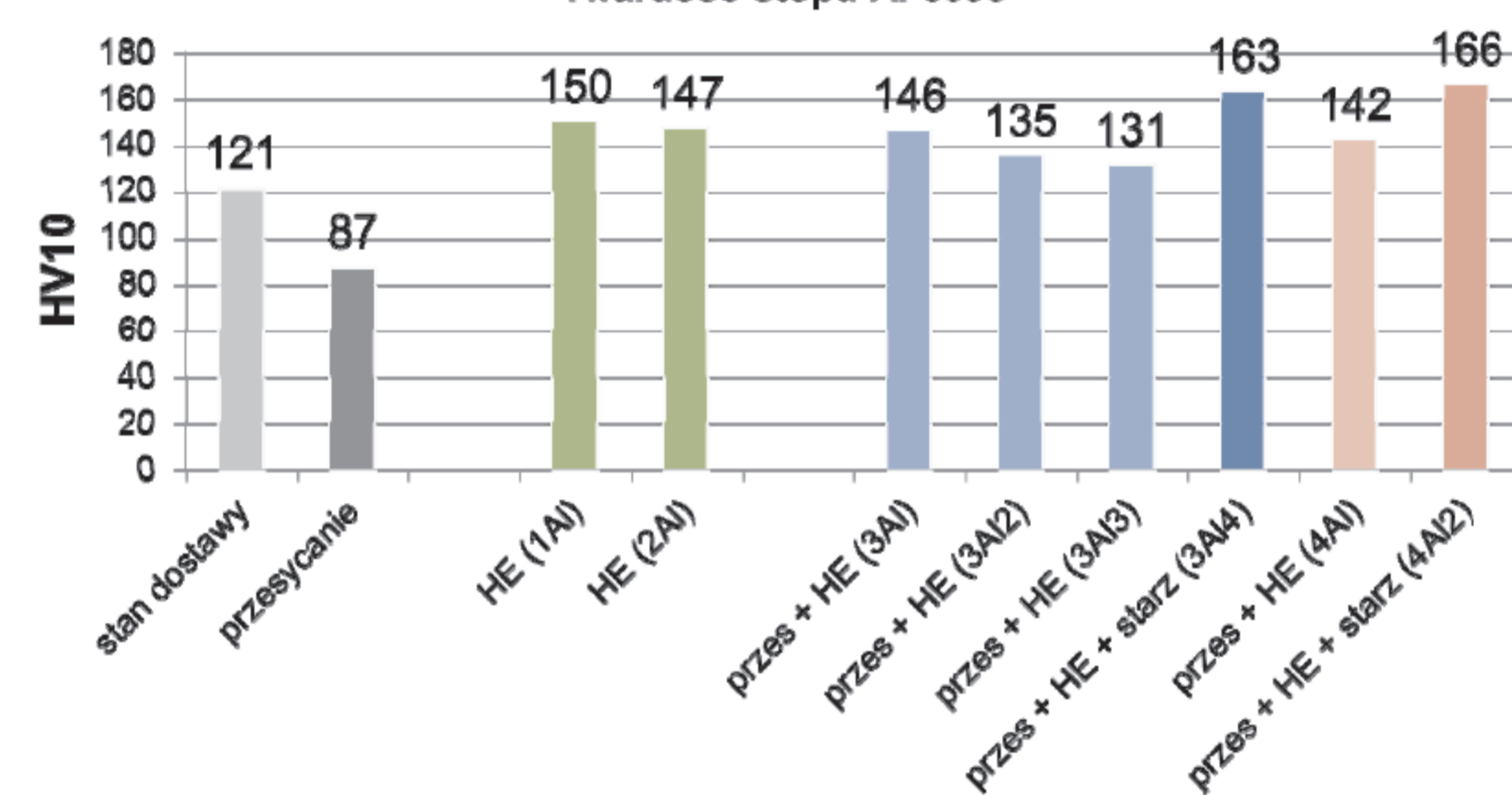
Przebiegi ciśnieniowe dla pierwszych operacjach wyciskania



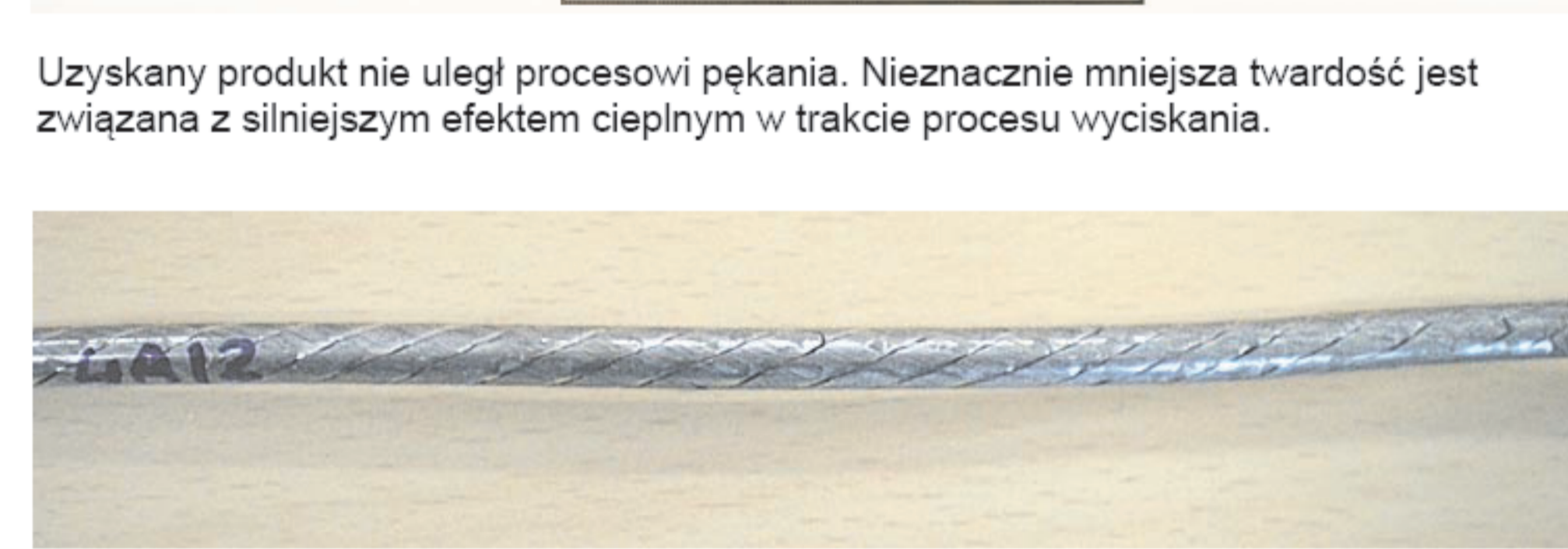
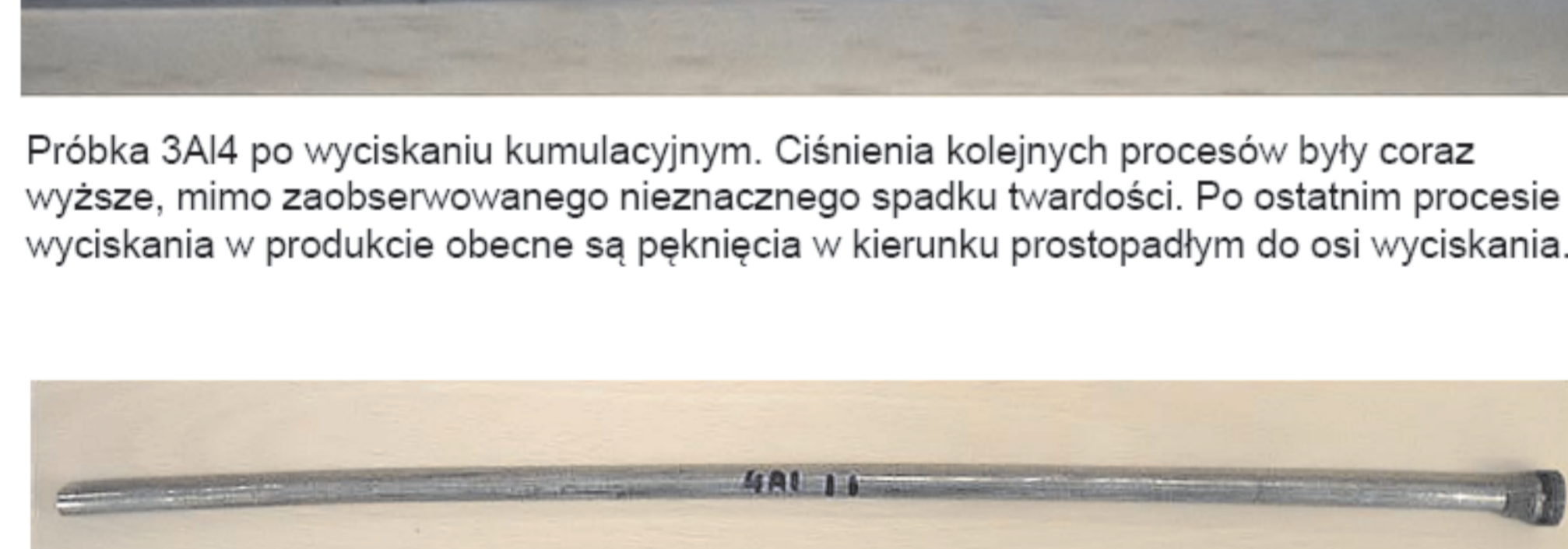
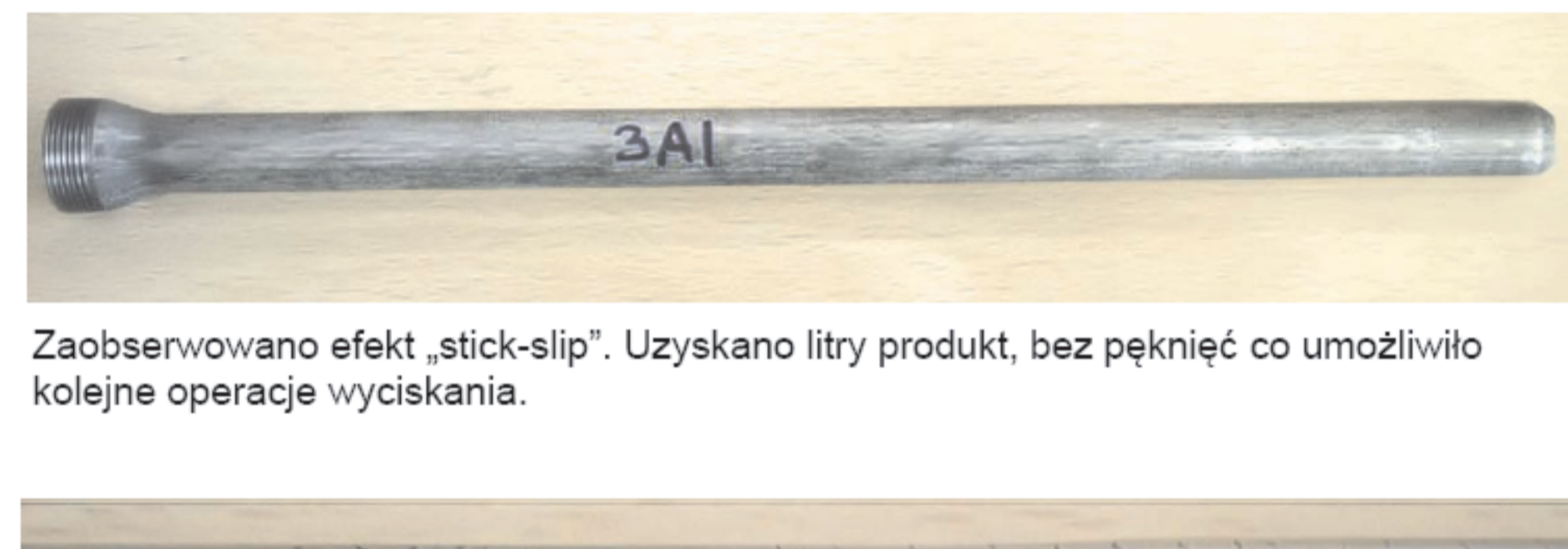
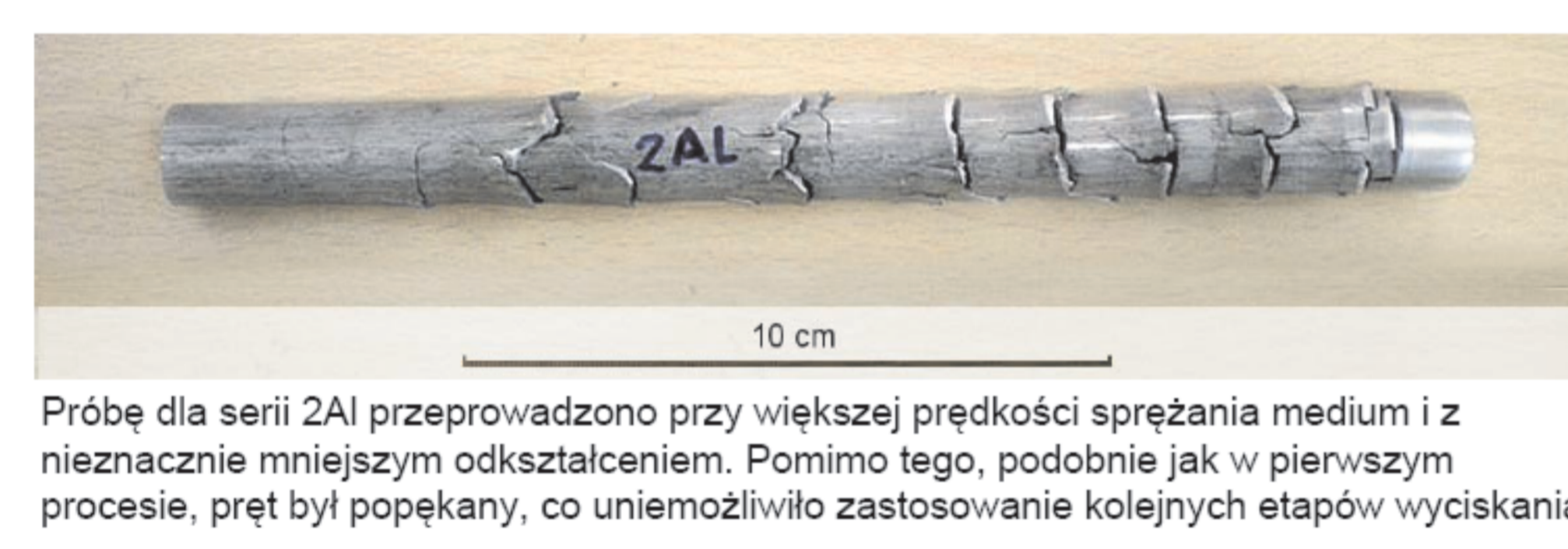
Wszystkie operacje wyciskania charakteryzowały się skokowym przemieszczeniem wsadów (efekt stick-slip) i wahaniami wartości ciśnienia. Przesycanie spowodowało nieznaczny spadek ciśnienia (1AI, 3AI)

Przebiegi ciśnieniowe dla poszczególnych operacji serii 3AI

#### Twardość stopu Al 8090



#### Zdjęcia prętów bez przesycania po wyciskaniu hydrostatycznym



Po procesie wyciskania zaobserwowano pęknięcia spiralne na całej długości wyciskanego produktu.

### Wnioski

- Stop aluminium 8090 powinien być wyciskany w stanie przesyconym
- W celu uzyskania końcowego produktu bez pęknięćproponuje sięzmniejszenie redukcji jednostkowej i wyciskanie z większąliczbąoperacji.
- Konieczna analiza składu chemicznego zakupionych prętów (brak certyfikatu)

### Wskaźniki realizacji celów projektu

#### Publikacje

- J.Zdunek, J.Płowiec, J.Mizera, W.L.Spychalski, K.J.Kurzydowski "Anisotropy of Portevin-Le Chatelier effect in Al-Mg-Mn sheet alloy described by Acoustic Emission" Konferencja AMT, Zakopane 2010, Inżynieria Materiałowa 577-578
- B.Adamczyk-Cieślak, J.Mizera, K.J.Kurzydowski "Microstructure and mechanical properties of model Al-Li alloys treated by SPD, Inżynieria Materiałowa, nr 3 (2010), s.535-539
- B.Adamczyk-Cieślak, J.Mizera, K.J.Kurzydowski "Thermal stability of model Al-Li alloys after severe plastic deformation—Effect of the solute Li atoms, Materials Science and Engineering A, Vol. 527 (2010), pp. 4716-4722.